



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 026 307 A1** 2005.12.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 026 307.8**

(22) Anmeldetag: **31.05.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.12.2005**

(51) Int Cl.7: **G01L 1/20**

(71) Anmelder:
**novineon Healthcare Technology Partners GmbH,
72074 Tübingen, DE**

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
**Schostek, Sebastian, 80803 München, DE; Ho,
Chi-Nghia, 80995 München, DE; Schurr, Marc
Oliver, Prof. Dr. med., 72074 Tübingen, DE;
Kalanovic, Daniel, Dr. med., 70180 Stuttgart, DE**

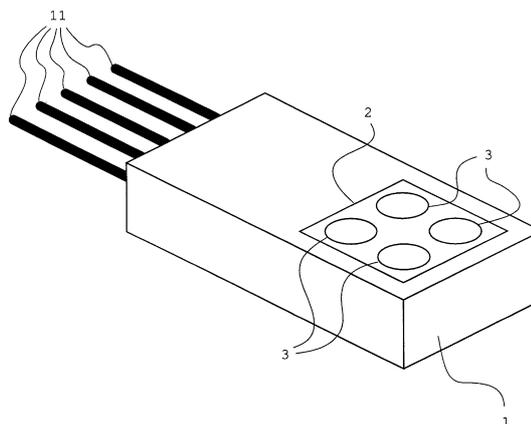
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Taktiler Instrument**

(57) Zusammenfassung: Die Fähigkeit des Menschen, Gegenstände zu greifen und gleichzeitig zu fühlen, also mechanische und geometrische Parameter des gegriffenen Gegenstandes zu bestimmen, machen ihn für viele Aufgaben, z. B. in der Produktion oder der Chirurgie, unersetzlich. Das Übersetzen dieser Fähigkeit in ein technologisches System scheiterte bislang oft an einem Mangel an speziell angepassten Sensoren. Gegenstand dieser Erfindung ist eine sensorische Vorrichtung, die die Anforderungen an ein taktiler Sensor-System erfüllt und gleichzeitig eine günstige und einfach herzustellende Alternative zu anderen Sensorprinzipien darstellt.

Der Schichtaufbau des Sensors ist derart gestaltet, dass sich bei Einwirkung externer Kräfte der einem Strom durch eine resistive Schicht zur Verfügung stehende Pfad verkleinert oder vergrößert. Der Spannungsabfall über dieser resistiven Schicht ist von der einwirkenden externen Kraft abhängig und dient als Sensorsignal.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Fähigkeit des Menschen, Gegenstände zu greifen und gleichzeitig zu fühlen, also mechanische und geometrische Parameter des gegriffenen Gegenstandes zu bestimmen, machen ihn für viele Aufgaben, z.B. in der Produktion oder der Chirurgie, unersetzlich. Das Übersetzen dieser Fähigkeit in ein technologisches System scheiterte bislang oft an einem Mangel an speziell angepassten Sensoren. Gegenstand dieser Erfindung ist eine sensorische Vorrichtung, die die Anforderungen an ein taktiles Sensor-System erfüllt und gleichzeitig eine günstige und einfach herzustellende Alternative zu anderen Sensorprinzipien darstellt.

Aufgabenstellung

[0002] Die Vorrichtung (1), die Gegenstand dieser Erfindung ist, besteht aus einer Sensorfläche (2), in die mehrere einzelne Sensorelemente (3) integriert sind, siehe [Fig. 1](#).

[0003] Jedes dieser Sensorelemente (3) besteht aus mindestens drei Schichten mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften. Die erste leitfähige Schicht (5) und die dritte leitfähige Schicht (9) weisen im Vergleich zur zweiten resistiven Schicht (6) einen deutlich geringeren ohmschen Widerstand auf. Die erste leitfähige Schicht (5) und die dritte leitfähige Schicht (9) stehen in direktem mechanischen Kontakt mit der zweiten resistiven Schicht (6). Die erste leitfähige Schicht (5) und die dritte leitfähige Schicht (9) weisen dagegen keine direkte mechanische Verbindung untereinander auf. Bei Erzeugen einer elektrischen Potentialdifferenz zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der dritten leitfähigen Schicht (9) muss der elektrische Strom somit durch die zweite resistive Schicht (6) fließen. Zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) oder zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten leitfähigen Schicht (9) oder sowohl zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) als auch zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten leitfähigen Schicht (9) befindet sich mindestens ein Hohlraum (7).

[0004] Unter äußerer Krafteinwirkung auf die Sensorfläche (2) mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten (5), (6) oder (9) ändert sich die Größe der Kontaktfläche zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) oder zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten leitfähigen Schicht (9) oder sowohl zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) als auch zwischen der zweiten resistiven

Schicht (6) und der dritten leitfähigen Schicht (9). Durch die Änderung der Größe der Kontaktfläche wird gleichzeitig auch die Größe des Pfades verändert, der einem elektrischen Stromfluss zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der dritten leitfähigen Schicht (9) durch die zweite resistive Schicht (6) zur Verfügung steht. Bei angelegter konstanter elektrischer Potentialdifferenz zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der dritten leitfähigen Schicht (9) bedeutet das eine direkte Änderung des Stromflusses gemäß der folgenden Formel:

$$I = \frac{U}{\rho \cdot d} \cdot A$$

[0005] Hierbei ist I der Strom, U die angelegte konstante elektrische Potentialdifferenz zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der dritten leitfähigen Schicht (9), ρ der spezifische elektrische Widerstand des Materials der zweiten resistiven Schicht (6), d die Dicke der zweiten resistiven Schicht (6) und A die Fläche des sich aus den Kontaktflächen zwischen der ersten leitfähigen Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) sowie zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten leitfähigen Schicht (9) ergebenden dem Strom zur Verfügung stehenden Pfades. Diese Änderung des Stromflusses wird zur Messung der aufgebrachten äußeren Kraft verwendet.

Ausführungsbeispiel

[0006] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die erste leitfähige Schicht (5) eines Sensorelements (3) nach außen hin durch eine vierte elektrisch isolierende Schicht (4) elektrisch isoliert. Diese vierte elektrisch isolierende Schicht (4) dient dazu, die externen Kräfte aufzunehmen und sie an die weitere Schichtstruktur weiterzuleiten. Die Schichten (5), (6) und (9) sollen dadurch gegen mechanische Beschädigung der berührenden Messobjekte geschützt werden. Diese vierte elektrisch isolierende Schicht (4) besteht beispielsweise aus einem Elastomer, das die von außen einwirkenden Kräfte an die darunter liegenden Sensorelemente (3) weiterleitet.

[0007] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die dritte leitfähige Schicht (6) eines Sensorelements (3) nach außen hin durch eine fünfte elektrisch isolierende Schicht (8) elektrisch isoliert. Diese fünfte elektrisch isolierende Schicht (8) besteht beispielsweise aus einem mechanisch festen Material und gibt dem Sensorelement (3) eine gewisse mechanische Stabilität. Sie kann beispielsweise aus einem keramischen Material oder Faserverbund-Werkstoff bestehen.

[0008] In weiteren vorteilhaften Weiterbildungen wird die Änderung der Kontaktfläche durch eine Verformung mindestens einer der Schichten (5), (6) oder (9) erreicht. Unter äußerer Krafteinwirkung auf die

Sensorfläche (2) mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens eine der Schichten (5), (6) oder (9) verformt sich mindestens eine der Schichten (5), (6) oder (9) derart, dass sie sich an die jeweils benachbarte Schicht anschmiegt und dadurch die Kontaktfläche vergrößert.

[0009] In weiteren vorteilhaften Weiterbildungen weist mindestens eine der Schichten (5), (6) und (9) eine unterschiedliche geometrische Form auf derart, dass sich entweder zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) oder zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten konduktiven Schicht (9) oder sowohl zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) als auch zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten konduktiven Schicht (9) mindestens ein Hohlraum (7) ausbilden kann. Vorzugsweise weist die dritte konduktive Schicht (9) eine konvexe Wölbung auf. Die zweite resistive Schicht (6) ist hierbei entweder mit der ersten konduktiven Schicht (5) fest verbunden, siehe [Fig. 2](#), oder mit der dritten konduktiven Schicht (9) fest verbunden, siehe [Fig. 4](#).

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich eine sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der vierten elektrisch isolierenden Schicht (4) und der fünften elektrisch isolierenden Schicht (8). Diese sechste elektrisch isolierende Schicht (13) weist Durchbrüche auf, so dass sich zwischen den Schichten (5), (6) und (9) Hohlräume bilden können. Die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) erzeugt in dem Schichtaufbau des Sensorelements (3) eine Struktur, die die Verformungen der einzelnen Schicht (5), (6) und (9) vorgeben kann.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der vierten elektrisch isolierenden Schicht (4) und der zweiten resistiven Schicht (6), siehe [Fig. 13](#). Die erste konduktive Schicht (5) eines Sensorelements (3) ist hierbei von der ersten konduktiven Schicht (5) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert, während die dritte konduktive Schicht (9) eines Sensorelements (3) mit der dritten konduktiven Schicht (9) eines benachbarten Sensorelements (3) in direktem elektrisch leitenden Kontakt steht. Die zweite resistive Schicht (6) eines Sensorelements (3) erstreckt sich über die benachbarten Sensorelemente (3). Zur Herstellung eines mechanischen und elektrisch leitenden Kontaktes zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) ist vorzugsweise die Verformung der ersten konduktiven Schicht (5) erforderlich.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der vierten elektrisch isolieren-

den Schicht (4) und der dritten konduktiven Schicht (9), siehe [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#). Die erste konduktive Schicht (5) eines Sensorelements (3) ist hierbei von der ersten konduktiven Schicht (5) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert, während die dritte konduktive Schicht (9) eines Sensorelements (3) mit der dritten konduktiven Schicht (9) eines benachbarten Sensorelements (3) in direktem elektrisch leitenden Kontakt steht. Die zweite resistive Schicht (6) eines Sensorelements (3) ist hierbei von der zweiten resistiven Schicht (6) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert. Die zweite resistive Schicht (6) kann wahlweise mit der ersten konduktiven Schicht (5) oder mit der dritten konduktiven Schicht (9) fest verbunden sein. Entsprechend ist der Hohlraum (7) entweder zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) oder zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten konduktiven Schicht (9) lokalisiert.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der fünften elektrisch isolierenden Schicht (8), siehe [Fig. 6](#) und [Fig. 14](#). Die erste konduktive Schicht (5) eines Sensorelements (3) steht mit der ersten konduktiven Schicht (5) eines benachbarten Sensorelements (3) hierbei in direktem elektrisch leitenden Kontakt, während die dritte konduktive Schicht (9) eines Sensorelements (3) von der dritten konduktiven Schicht (9) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert ist. Die zweite resistive Schicht (6) eines Sensorelements (3) ist hierbei von der zweiten resistiven Schicht (6) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert. Die zweite resistive Schicht (6) kann wahlweise mit der ersten konduktiven Schicht (5) oder mit der dritten resistiven Schicht (9) fest verbunden sein. Entsprechend ist der Hohlraum (7) entweder zwischen der ersten konduktiven Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) oder zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der dritten konduktiven Schicht (9) lokalisiert.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der zweiten resistiven Schicht (6) und der fünften elektrisch isolierenden Schicht (8), siehe [Fig. 7](#). Die erste konduktive Schicht (5) eines Sensorelements (3) steht mit der ersten konduktiven Schicht (5) eines benachbarten Sensorelements (3) hierbei in direktem elektrisch leitenden Kontakt, während die dritte konduktive Schicht (9) eines Sensorelements (3) von der dritten konduktiven Schicht (9) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert ist. Die zweite resistive Schicht (6) eines Sensorelements (3) erstreckt sich über die benachbarten Sensorelemente (3). Zur Herstellung eines mechanischen und elektrisch leitenden Kontaktes zwischen

der ersten leitenden Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) ist vorzugsweise die Verformung sowohl der ersten leitenden Schicht (5) als auch der zweiten resistiven Schicht (6) erforderlich.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung befindet sich die sechste elektrisch isolierende Schicht (13) zwischen der ersten leitenden Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6), siehe [Fig. 8](#). Die erste leitende Schicht (5) eines Sensorelements (3) steht mit der ersten leitenden Schicht (5) eines benachbarten Sensorelements (3) hierbei in direktem elektrisch leitenden Kontakt, während die dritte leitende Schicht (9) eines Sensorelements (3) von der dritten leitenden Schicht (9) eines benachbarten Sensorelements (3) elektrisch isoliert ist. Die zweite resistive Schicht (6) eines Sensorelements (3) erstreckt sich über die benachbarten Sensorelemente (3). Zur Herstellung eines mechanischen und elektrisch leitenden Kontaktes zwischen der ersten leitenden Schicht (5) und der zweiten resistiven Schicht (6) ist vorzugsweise die Verformung der ersten leitenden Schicht (5) erforderlich.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die vierte elektrisch isolierende Schicht (4) eine erste geometrische Struktur (14) auf, die sich in das Innere des Sensorelements (3) erstreckt und damit die Bildung eines Hohlraumes (7) ermöglicht. Diese erste geometrische Struktur (14) erstreckt sich entweder bis zur zweiten resistiven Schicht (6) und steht mit dieser in direktem mechanischen Kontakt, siehe [Fig. 15](#), oder bis zur dritten leitenden Schicht (9) und steht mit dieser in direktem mechanischen Kontakt, siehe [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#).

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die fünfte elektrisch isolierende Schicht (8) eine zweite geometrische Struktur (15) auf, die sich in das Innere des Sensorelements (3) erstreckt und damit die Bildung eines Hohlraumes (7) ermöglicht. Diese zweite geometrische Struktur (15) erstreckt sich entweder bis zur ersten leitenden Schicht (5) und steht mit dieser in direktem mechanischen Kontakt, siehe [Fig. 3](#) und [Fig. 16](#), oder bis zur zweiten resistiven Schicht (6) und steht mit dieser in direktem mechanischen Kontakt, siehe [Fig. 5](#).

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine kreisrunde Form auf, siehe [Fig. 17](#).

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine elliptische Form auf, siehe [Fig. 18](#).

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine dreieckige Form auf, siehe [Fig. 19](#).

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine quadratische Form auf, siehe [Fig. 20](#).

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine rechteckige Form auf, siehe [Fig. 21](#).

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine sechseckige Form auf, siehe [Fig. 22](#).

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine achteckige Form auf, siehe [Fig. 23](#).

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine rautenartige Form auf, siehe [Fig. 24](#).

[0026] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das Sensorelement (3) eine unregelmäßige Form auf, siehe [Fig. 25](#).

[0027] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung haben alle Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) dieselbe geometrische Form, siehe [Fig. 17](#).

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung haben alle Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) dieselbe Größe auf, siehe [Fig. 17](#). In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weisen mindestens zwei Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) eine unterschiedliche Größe auf, siehe [Fig. 26](#).

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung haben mindestens zwei Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) eine unterschiedliche geometrische Form, siehe [Fig. 25](#).

[0030] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) in mindestens einer Reihe angeordnet, siehe [Fig. 24](#). In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) orthogonal angeordnet, siehe [Fig. 17](#).

[0031] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) hexagonal angeordnet, siehe [Fig. 22](#).

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) konzentrisch angeordnet, siehe [Fig. 26](#).

[0033] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) spiralförmig angeordnet, siehe [Fig. 27](#).

[0034] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung

sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) punktsymmetrisch angeordnet, siehe [Fig. 26](#).

[0035] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) achsensymmetrisch angeordnet, siehe [Fig. 17](#).

[0036] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Sensorelemente (3) der Vorrichtung (1) unregelmäßig angeordnet, siehe [Fig. 28](#).

[0037] In weiteren vorteilhaften Weiterbildungen sind die erste konduktive Schicht (5), die zweite resistive Schicht (6) und die dritte konduktive Schicht (9) zwischen benachbarten Sensorelementen (3) jeweils unterschiedlich untereinander verbunden. Um die elektronische Auslesbarkeit der Sensorelemente (3) zu erhalten muss die Schnittmenge einer Schichtgruppe der ersten konduktiven Schicht (5) und einer Schichtgruppe der dritten konduktiven Schicht (9) ein einzelnes Sensorelement (3) ergeben. Eine Schichtgruppe besteht aus all denjenigen ersten konduktiven Schichten (5) bzw. dritten konduktiven Schichten (9) verschiedener Sensorelemente (3), die untereinander direkt elektrisch leitend verbunden sind. Vorzugsweise sind alle ersten konduktiven Schichten (5) der Sensorelemente (3) untereinander elektrisch leitend verbunden, während alle dritten konduktiven Schichten (9) der Sensorelemente (3) voneinander elektrisch isoliert sind. Die Auswahl des zu messenden Sensorelements (3) erfolgt bei dieser Konfiguration durch Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Datenerfassungselektronik und der dritten konduktiven Schicht (9) des entsprechenden Sensorelements (3).

[0038] Die direkte Verbindung der zweiten resistiven Schichten (6) der Sensorelemente (3) untereinander hat dagegen andere Folgen. Sind die zweiten resistiven Schichten (6) der Sensorelemente (3) untereinander direkt elektrisch verbunden, so kann sich ein Querkopplungseffekt einstellen. Dieser hat zur Folge, dass sich bei der Änderung eines elektrischen Potentials unter dem Einfluss einer äußeren Krafteinwirkung an einem Sensorelement (3) das elektrische Potential an den benachbarten ebenfalls ändert. Beim Auslesen eines Sensorelements (3) haben in diesem Fall die Krafteinwirkungen auf die benachbarten Sensorelemente (3) ebenfalls eine Auswirkung auf das Ergebnis.

[0039] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung liegt die Vorrichtung (1) in Form einer Sonde vor.

[0040] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung liegt die Vorrichtung (2) in Form einer Zange vor.

[0041] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung kommt die Vorrichtung (1) als medizinisches Instrument in Form einer Sonde oder einer Zange in der

Chirurgie zum Einsatz.

[0042] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die vierte elektrisch isolierende Schicht (4) mechanisch flexibel und die fünfte elektrisch isolierende Schicht (8) mechanisch starr.

[0043] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist sowohl die vierte elektrisch isolierende Schicht (4) als auch die fünfte elektrisch isolierende Schicht (8) mechanisch flexibel.

[0044] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die erste konduktive Schicht (5) eines Sensorelements (3) mindestens eine elektrisch leitende Zuleitung (12) auf. Vorzugsweise führt diese elektrisch leitende Zuleitung (12) durch das Volumen der vierten elektrisch isolierenden Schicht, siehe [Fig. 9](#).

[0045] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die dritte konduktive Schicht (9) eines Sensorelements (3) mindestens eine elektrisch leitende Zuleitung (10) auf. Vorzugsweise führt diese elektrisch leitende Zuleitung (10) durch das Volumen der fünften elektrisch isolierenden Schicht (8), siehe [Fig. 2](#).

[0046] [Fig. 1](#) Vorrichtung (1)

[0047] [Fig. 2](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0048] [Fig. 3](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0049] [Fig. 4](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0050] [Fig. 5](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0051] [Fig. 6](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0052] [Fig. 7](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0053] [Fig. 8](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0054] [Fig. 9](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0055] [Fig. 10](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0056] [Fig. 11](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0057] [Fig. 12](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0058] [Fig. 13](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0059] [Fig. 14](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0060] [Fig. 15](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0061] [Fig. 16](#) Vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung (1)

[0062] [Fig. 17](#) Vorrichtung (1) mit kreisrunden Sensorelementen (3) in orthogonaler Anordnung

[0063] [Fig. 18](#) Vorrichtung (1) mit elliptischen Sensorelementen (3) in orthogonaler Anordnung

[0064] [Fig. 19](#) Vorrichtung (1) mit dreieckigen Sensorelementen (3) angeordnet in mindestens einer Reihe

[0065] [Fig. 20](#) Vorrichtung (1) mit quadratischen Sensorelementen (3) in orthogonaler Anordnung

[0066] [Fig. 21](#) Vorrichtung (1) mit rechteckigen Sensorelementen (3) in orthogonaler Anordnung

[0067] [Fig. 22](#) Vorrichtung (1) mit sechseckigen Sensorelementen (3) in hexagonaler Anordnung

[0068] [Fig. 23](#) Vorrichtung (1) mit achteckigen Sensorelementen (3) in orthogonaler Anordnung

[0069] [Fig. 24](#) Vorrichtung (1) mit rautenartigen Sensorelementen (3) angeordnet in mindestens einer Reihe

[0070] [Fig. 25](#) Vorrichtung (1) mit unregelmäßig geformten Sensorelementen (3) angeordnet in mindestens einer Reihe

[0071] [Fig. 26](#) Vorrichtung (1) mit kreisrunden Sensorelementen (3) unterschiedlicher Größe konzentrisch angeordnet

[0072] [Fig. 27](#) Vorrichtung (1) mit kreisrunden Sensorelementen (3) in spiralförmiger Anordnung

[0073] [Fig. 28](#) Vorrichtung (1) mit kreisrunden Sensorelementen (3) in unregelmäßiger Anordnung

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 1 | Vorrichtung zur berührenden Messung und örtlichen Zuordnung von mechanischen und geometrischen Eigenschaften der Messobjekte |
| 2 | Sensorfläche |
| 3 | Sensorelement |
| 4 | Vierte elektrisch isolierende Schicht |
| 5 | Erste konduktive Schicht |
| 6 | Zweite resistive Schicht |
| 7 | Hohlraum |
| 8 | Fünfte elektrisch isolierende Schicht |
| 9 | Dritte konduktive Schicht |
| 10 | Elektrische Zuleitung zur dritten konduktiven Schicht (9) |
| 11 | Elektrische Zuleitungen |
| 12 | Elektrische Zuleitung zur ersten konduktiven Schicht (5) |
| 13 | Sechste elektrisch isolierende Schicht |
| 14 | Erste geometrische Struktur der vierten elektrisch isolierenden Schicht (4) |
| 15 | Zweite geometrische Struktur der fünften elektrisch isolierenden Schicht (8) |

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur berührenden Messung und örtlichen Zuordnung von mechanischen und geometrischen Eigenschaften der Messobjekte, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest zwei gleichartige Sensorelemente aufweist, welches jeweils eine erste Schicht, eine zweite Schicht und eine dritte Schicht aufweist, wobei die erste und die dritte Schicht eine höhere elektrische Leitfähigkeit als die zweite Schicht aufweist und wobei sowohl zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht als auch zwischen der zweiten Schicht und der dritten Schicht eine direkte elektrisch leitende mechanische Verbindung besteht.

2. Sensorelement gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Schichten gemäß Anspruch 1 eine unterschiedliche geometrische Form aufweist, derart, dass sich entweder zwischen der ersten konduktiven Schicht und der zweiten resistiven Schicht oder der zweiten resistiven Schicht und der dritten konduktiven Schicht oder sowohl zwischen der ersten konduktiven Schicht und der zweiten resistiven Schicht als auch zwischen der zweiten resistiven Schicht und der dritten konduktiven Schicht ein Hohlraum befindet.

3. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Kraftereinwirkung mit einer Kraftkomponenten senkrecht zur Ebene der Lage mindestens eine der Schichten gemäß Anspruch 1 die Größe

ße der Kontaktfläche zwischen der ersten und der zweiten Schicht oder der zweiten und der dritten Schicht oder sowohl zwischen der ersten und der zweiten Schicht als auch zwischen der zweiten und der dritten Schicht verändert.

4. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine vierte elektrisch isolierende Schicht aufweist, die in mechanischem Kontakt mit der ersten leitfähigen Schicht steht.

5. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine fünfte elektrisch isolierende Schicht aufweist, die in mechanischem Kontakt mit der dritten leitfähigen Schicht steht.

6. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Krafteinwirkung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten gemäß Anspruch 1 die erste Schicht mechanisch verformt.

7. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Krafteinwirkung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten gemäß Anspruch 1 die zweite Schicht mechanisch verformt.

8. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Krafteinwirkung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten gemäß Anspruch 1 die erste und die zweite Schicht mechanisch verformt.

9. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Krafteinwirkung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten gemäß Anspruch 1 die erste und die dritte Schicht mechanisch verformt.

10. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es derart gestaltet ist, dass sich unter Krafteinwirkung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Ebene der Lage mindestens einer der Schichten gemäß Anspruch 1 die erste, die zweite und die dritte Schicht mechanisch verformt.

11. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht sowie die zweite resistive Schicht keine Wölbung aufweist und die dritte leitfähige Schicht mindestens eine Wölbung aufweist.

12. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht sowie die dritte leitfähige Schicht keine Wölbung aufweist und die zweite resistive Schicht mindestens eine Wölbung aufweist.

13. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht keine Wölbung aufweist und die zweite resistive Schicht sowie die dritte leitfähige Schicht jeweils mindestens eine Wölbung aufweist.

14. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht mindestens eine Wölbung aufweist und die zweite resistive Schicht sowie die dritte leitfähige Schicht keine Wölbung aufweist.

15. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht sowie die dritte leitfähige Schicht jeweils mindestens eine Wölbung aufweist und die zweite resistive Schicht keine Wölbung aufweist.

16. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht sowie die zweite resistive Schicht jeweils mindestens eine Wölbung aufweist und die dritte leitfähige Schicht keine Wölbung aufweist.

17. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste leitfähige Schicht und die zweite resistive Schicht und die dritte leitfähige Schicht jeweils mindestens eine Wölbung aufweist.

18. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens eine sechste elektrisch isolierende Schicht aufweist, die sich zwischen der vierten elektrisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 4 und der fünften elektrisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 5 befindet.

19. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 18, dadurch gekennzeichnet, dass die sechste elektrisch isolierende Schicht innerhalb des Bereiches des Sensorelements Durchbrüche aufweist.

20. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie mindestens einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sechste elektrisch isolierende Schicht zwischen der vierten elektrisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 4 und der zweiten resistiven Schicht befindet und mit diesen in direktem mechanischen Kontakt steht.

21. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie mindestens einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sechste elektrisch isolierende Schicht zwischen der vierten elek-

trisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 4 und der dritten leitfähigen Schicht befindet und mit diesen in direktem mechanischen Kontakt steht.

22. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie mindestens einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sechste elektrisch isolierende Schicht zwischen der fünften elektrisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 5 und der ersten leitfähigen Schicht befindet und mit diesen in direktem mechanischen Kontakt steht.

23. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie mindestens einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sechste elektrisch isolierende Schicht zwischen der fünften elektrisch isolierenden Schicht gemäß Anspruch 5 und der zweiten resistiven Schicht befindet und mit diesen in direktem mechanischen Kontakt steht.

24. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie mindestens einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sechste elektrisch isolierende Schicht zwischen der ersten leitfähigen Schicht und der zweiten resistiven Schicht befindet und mit diesen in direktem mechanischen Kontakt steht.

25. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die vierte elektrisch isolierende Schicht eine erste geometrische Struktur aufweist.

26. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 4 sowie 25, dadurch gekennzeichnet, dass die erste geometrische Struktur einen direkten mechanischen Kontakt mit der zweiten resistiven Schicht aufweist.

27. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 4 sowie 25, dadurch gekennzeichnet, dass die erste geometrische einen direkten mechanischen Kontakt mit der dritten leitfähigen Schicht aufweist.

28. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 5, dadurch gekennzeichnet, dass die fünfte elektrisch isolierende Schicht eine zweite geometrische Struktur aufweist.

29. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 5 und 28, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite geometrische Struktur einen direkten mechanischen Kontakt mit der ersten leitfähigen Schicht aufweist.

30. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 5 und 28, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite geometrische Struktur einen direkten mechanischen Kontakt mit der zweiten resistiven Schicht aufweist.

31. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine kreisrunde Form aufweist.

32. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine elliptische Form aufweist.

33. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine dreieckige Form aufweist.

34. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine quadratische Form aufweist.

35. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine rechteckige Form aufweist.

36. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine sechseckige Form aufweist.

37. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine achteckige Form aufweist.

38. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine rautenartige Form aufweist.

39. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es eine unregelmäßige Form aufweist.

40. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 dieselbe geometrische Form gemäß einem der Ansprüche 31 bis 39 aufweisen.

41. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 40, dadurch gekennzeichnet, dass alle Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 dieselbe Größe aufweisen.

42. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 40, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine unterschiedliche Größe aufweisen.

43. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

44. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 in mindestens einer Reihe angeordnet sind.

45. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 orthogonal angeordnet sind.

46. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 hexagonal angeordnet sind.

47. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 konzentrisch angeordnet sind.

48. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 spiralförmig angeordnet sind.

49. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 punktsymmetrisch angeordnet sind.

50. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 achsensymmetrisch angeordnet sind.

51. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 unregelmäßig angeordnet sind.

52. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten leitenden Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der ersten leitenden Schicht eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 keine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

53. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 52, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der dritten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der dritten Schicht eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 keine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

54. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 52, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der dritten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der dritten Schicht mindestens eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

55. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 52, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der dritten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und den dritten Schichten aller anderen Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

56. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der dritten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der dritten Schicht eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 keine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

57. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 56, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der ersten Schicht mindestens eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

58. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 56, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und den ersten Schichten aller anderen Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 eine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

59. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schichten der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 zu mindestens zwei Gruppen unterteilt sind, wobei die ersten Schichten der Sensorelemente innerhalb einer Gruppe eine direkte elektrisch leitende Verbindung untereinander aufweisen.

60. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die dritten Schichten der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 zu mindestens zwei Gruppen unterteilt sind, wobei die dritten Schichten der Sensorelemente innerhalb einer Gruppe eine direkte elektrisch leitende Verbindung untereinander aufweisen.

61. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 sowie 59 und 60, dadurch gekennzeichnet, dass der Schnittmenge aus einer beliebigen Gruppe aus ersten Schichten der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und einer beliebigen Gruppe aus dritten Schichten der Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 genau ein Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 zugeordnet werden kann.

62. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der zweiten Schicht eines Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 und der zweiten Schicht eines anderen Sensorelements gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 keine direkte elektrisch leitende Verbindung besteht.

63. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie Sensorelemente gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 aufweist und eine Sonde ist.

64. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie Sensorelemente gemäß den

Ansprüchen 1 bis 3 aufweist und eine Zange ist.

65. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 sowie einem der Ansprüche 63 und 64, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein chirurgisches Instrument ist.

66. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vierte elektrisch isolierende Schicht gemäß Anspruch 4 flexibel ist und dass die fünfte elektrisch isolierende Schicht gemäß Anspruch 5 starr ist.

67. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die vierte elektrisch isolierende Schicht gemäß Anspruch 4 als auch die fünfte elektrisch isolierende Schicht gemäß Anspruch 5 flexibel ist.

68. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste konduktive Schicht mindestens eine elektrisch leitende Zuführung aufweist.

69. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 68, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Zuführung durch das Volumen der vierten elektrisch isolierenden Schicht führt.

70. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte konduktive Schicht mindestens eine elektrisch leitende Zuführung aufweist.

71. Sensorelement gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sowie 70, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Zuführung durch das Volumen der fünften elektrisch isolierenden Schicht führt.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

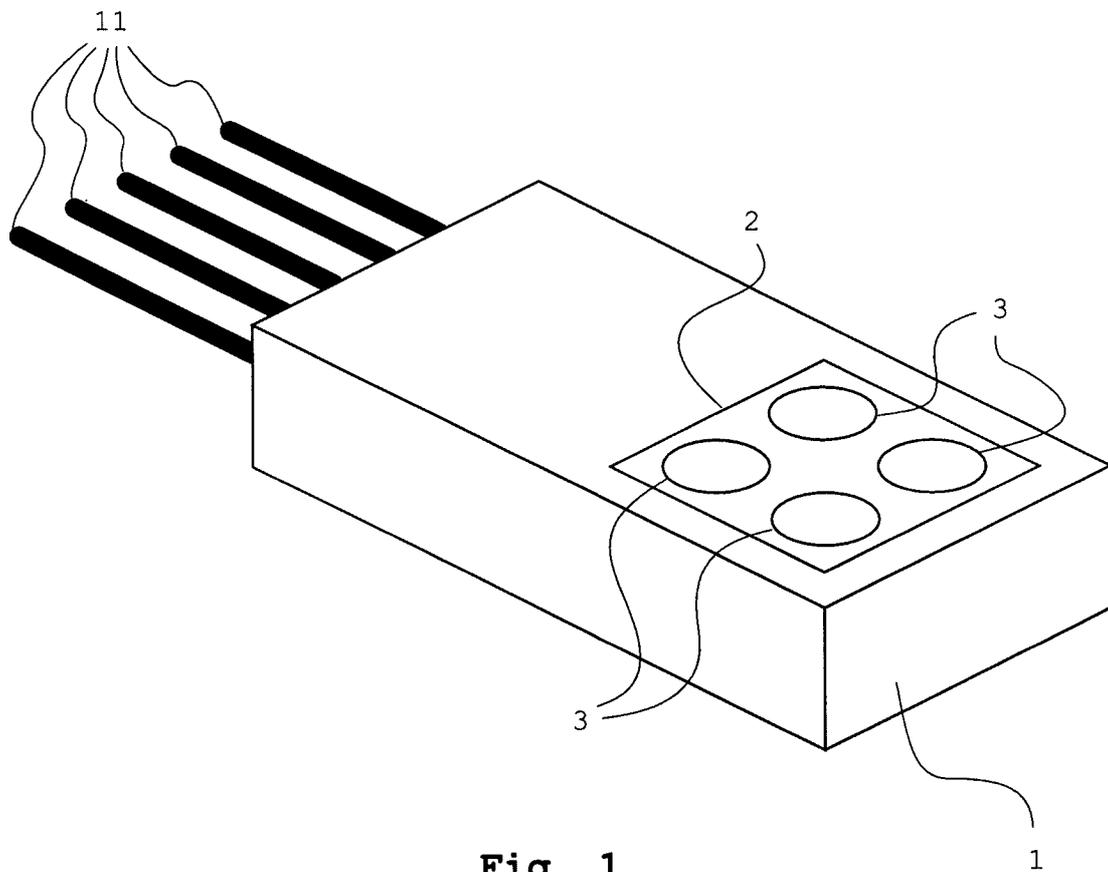


Fig. 1

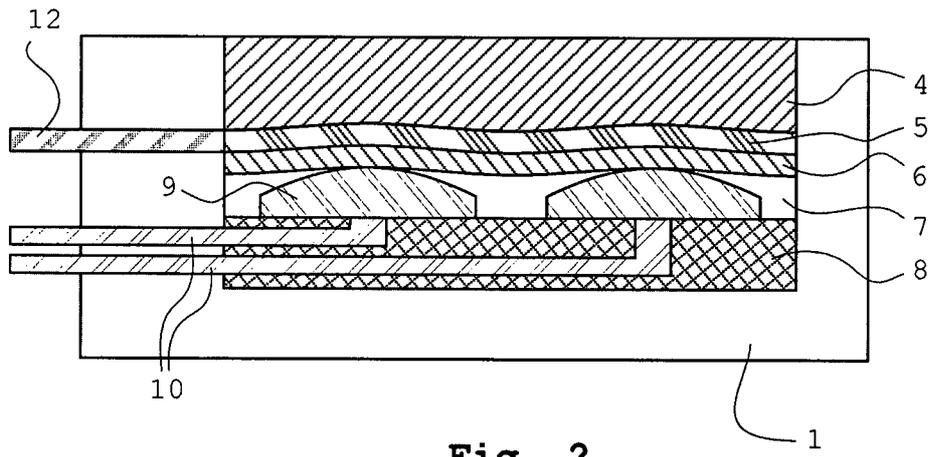


Fig. 2

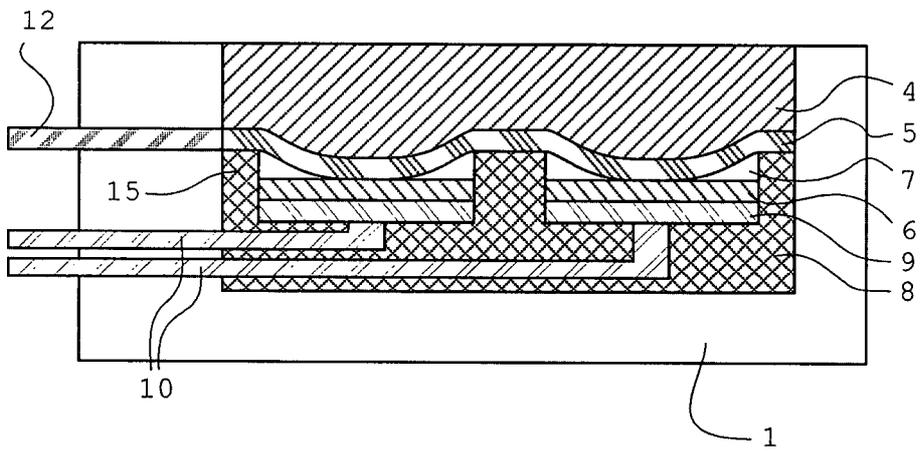


Fig. 3

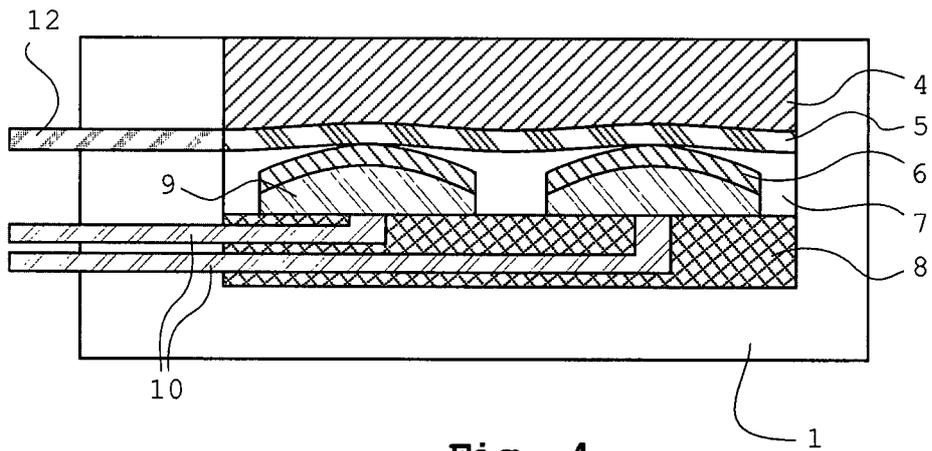


Fig. 4

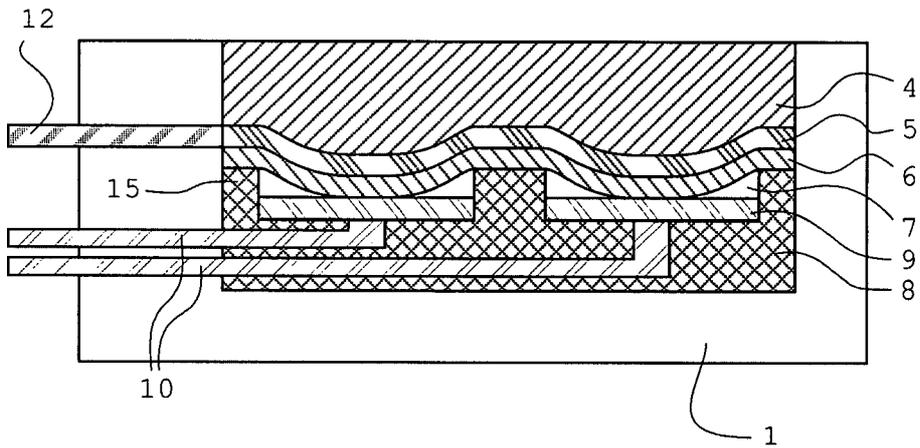


Fig. 5

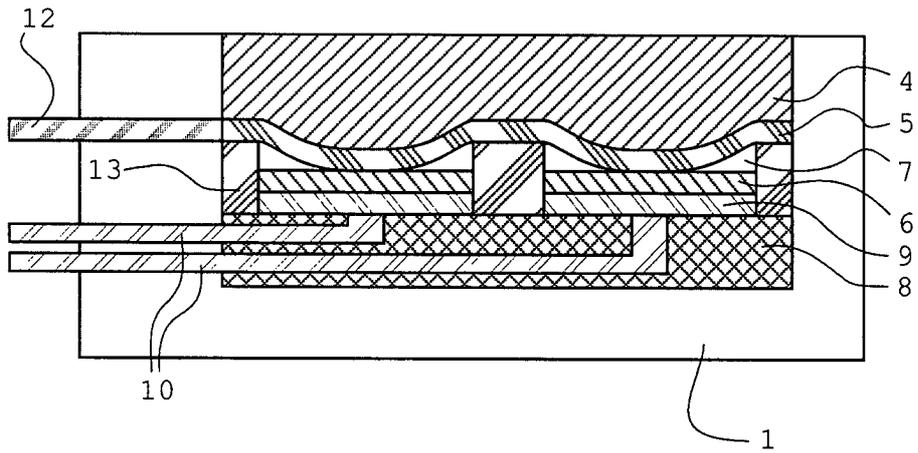


Fig. 6

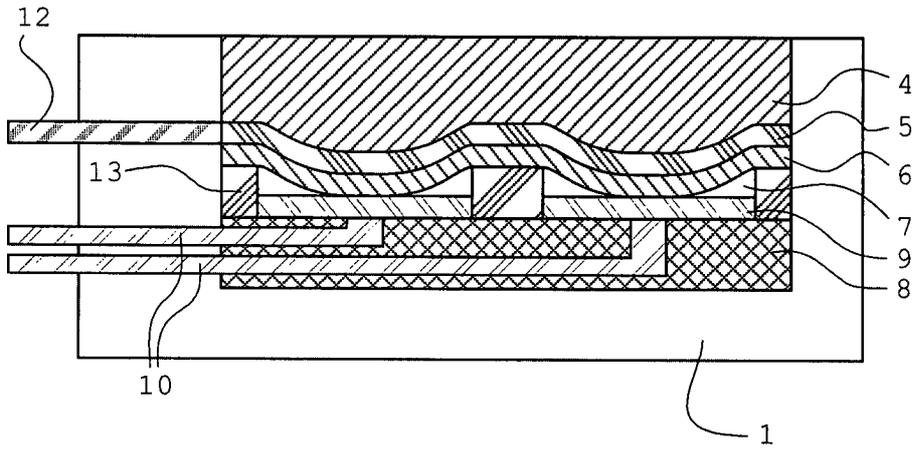


Fig. 7

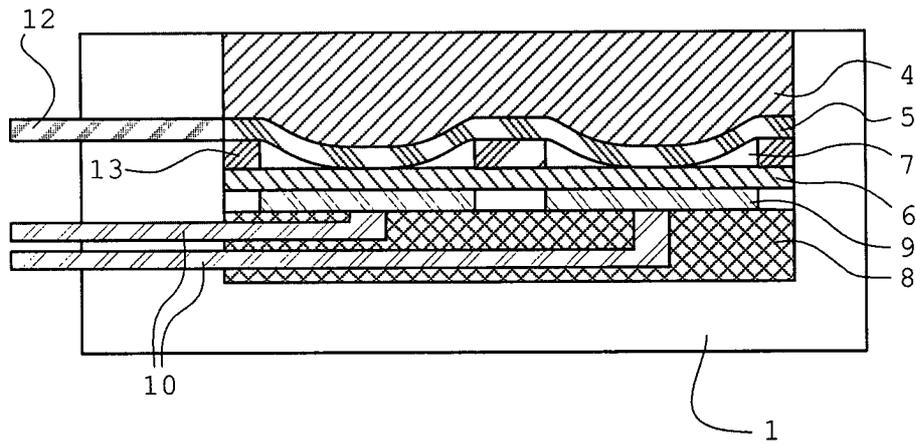


Fig. 8

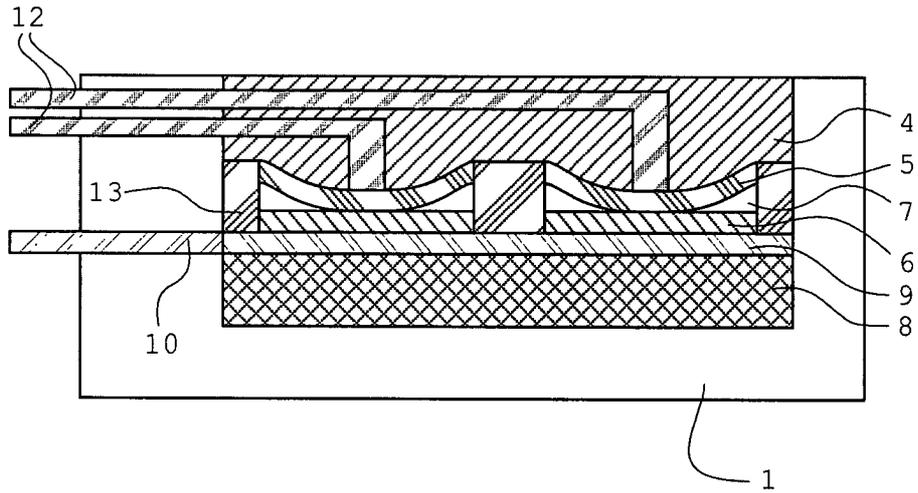


Fig. 9

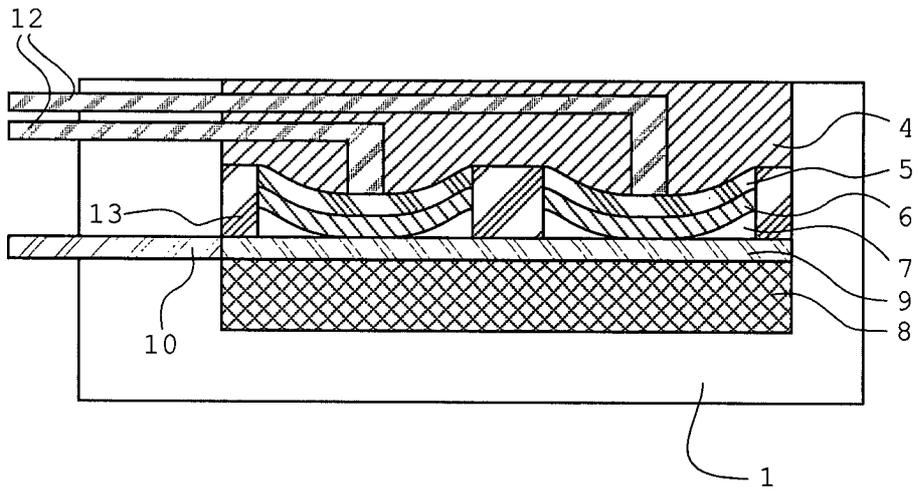


Fig. 10

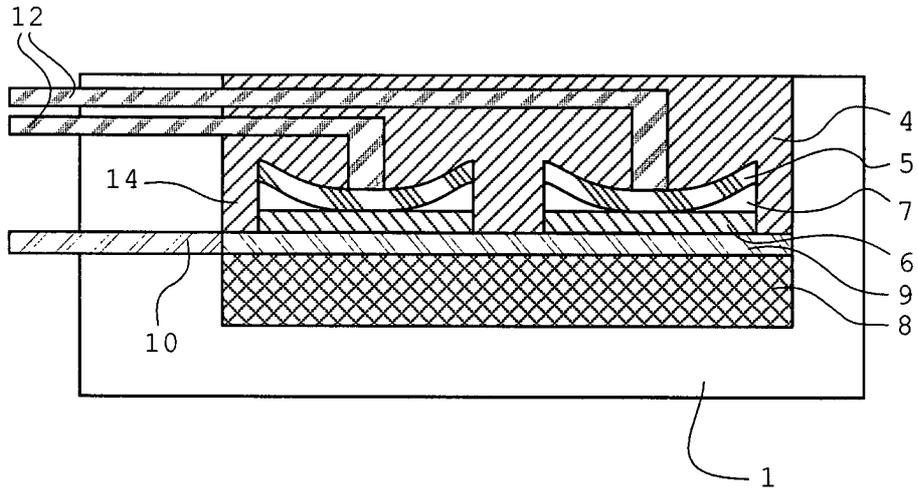


Fig. 11

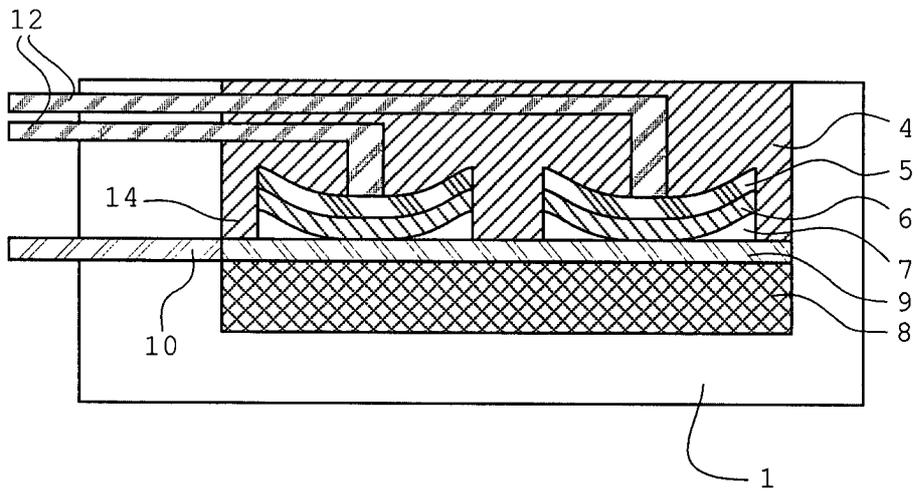


Fig. 12

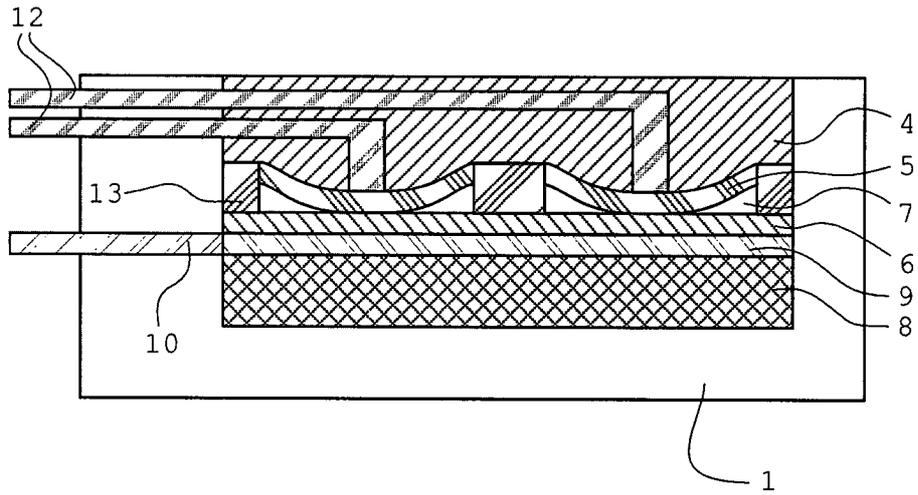


Fig. 13

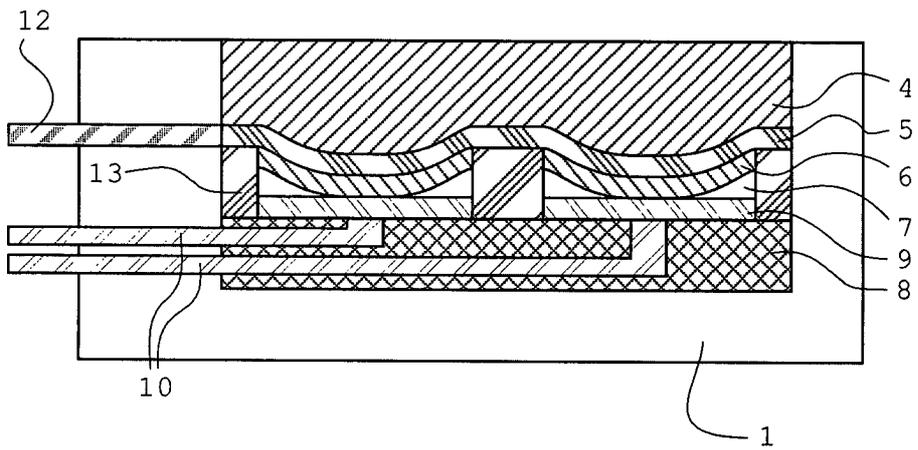


Fig. 14

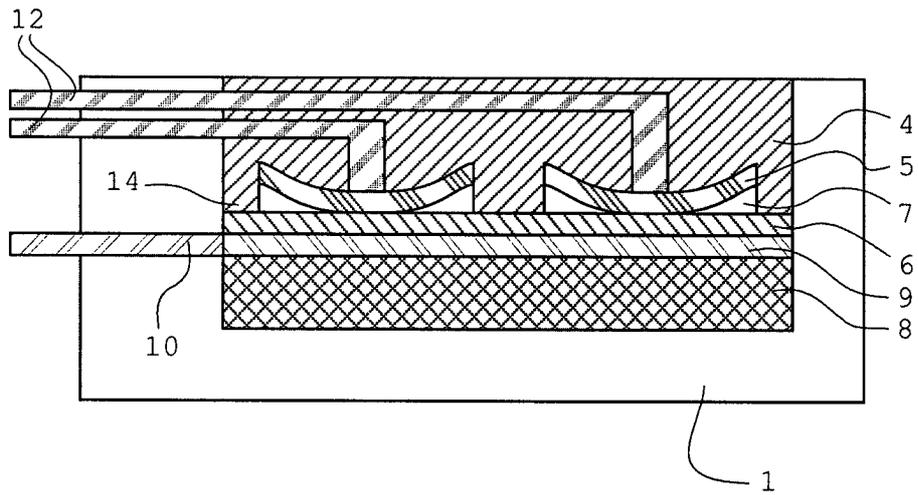


Fig. 15

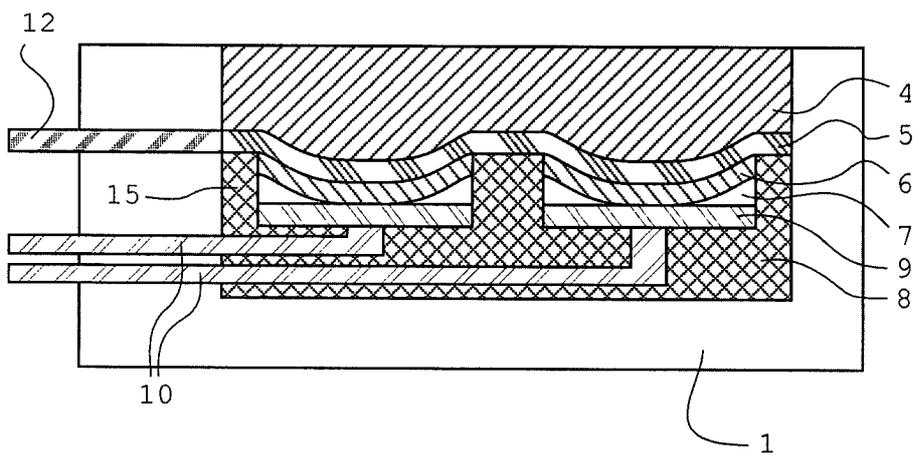


Fig. 16

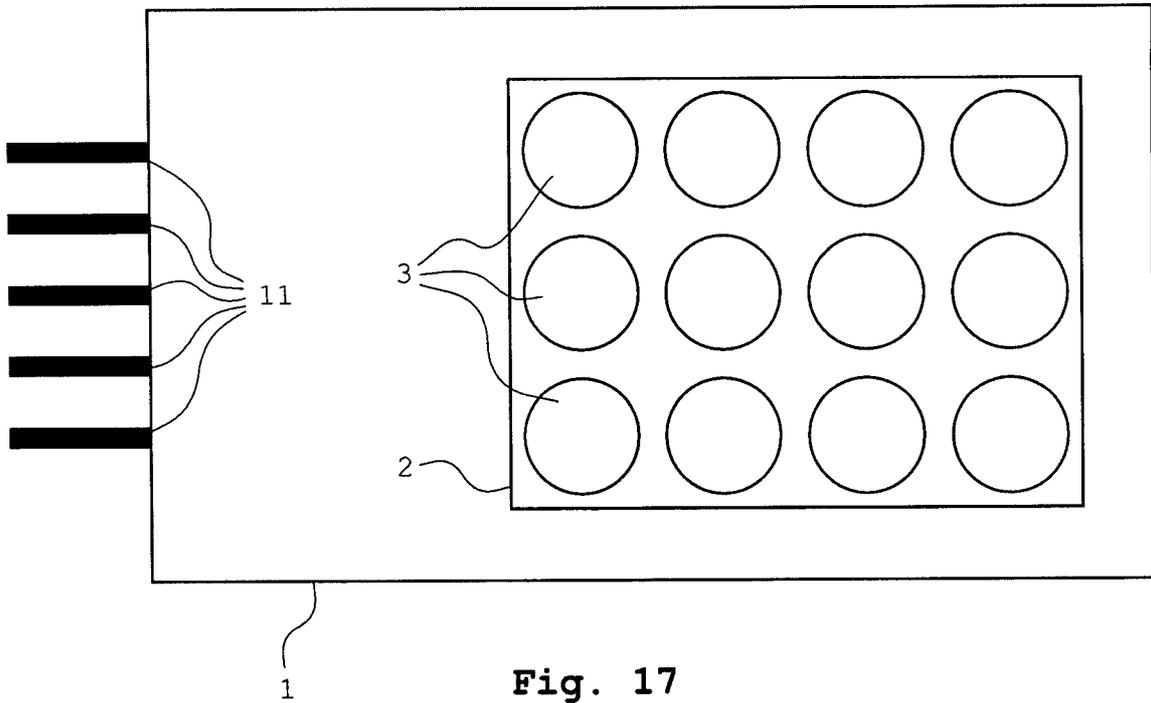


Fig. 17

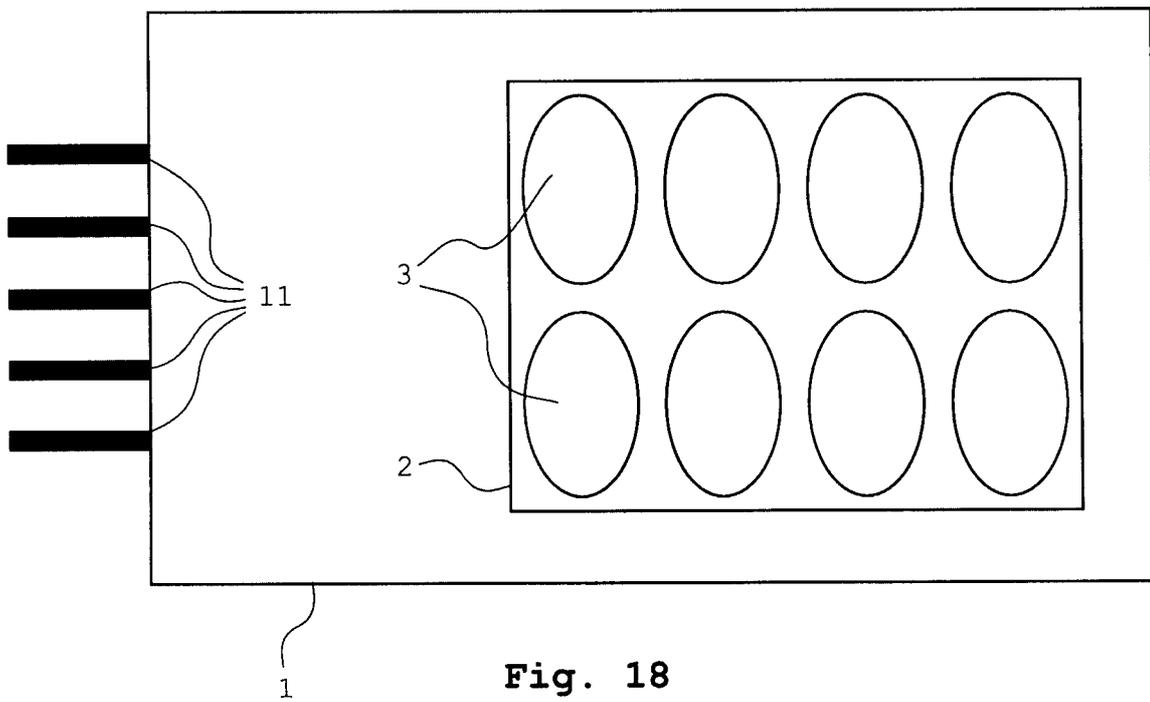


Fig. 18

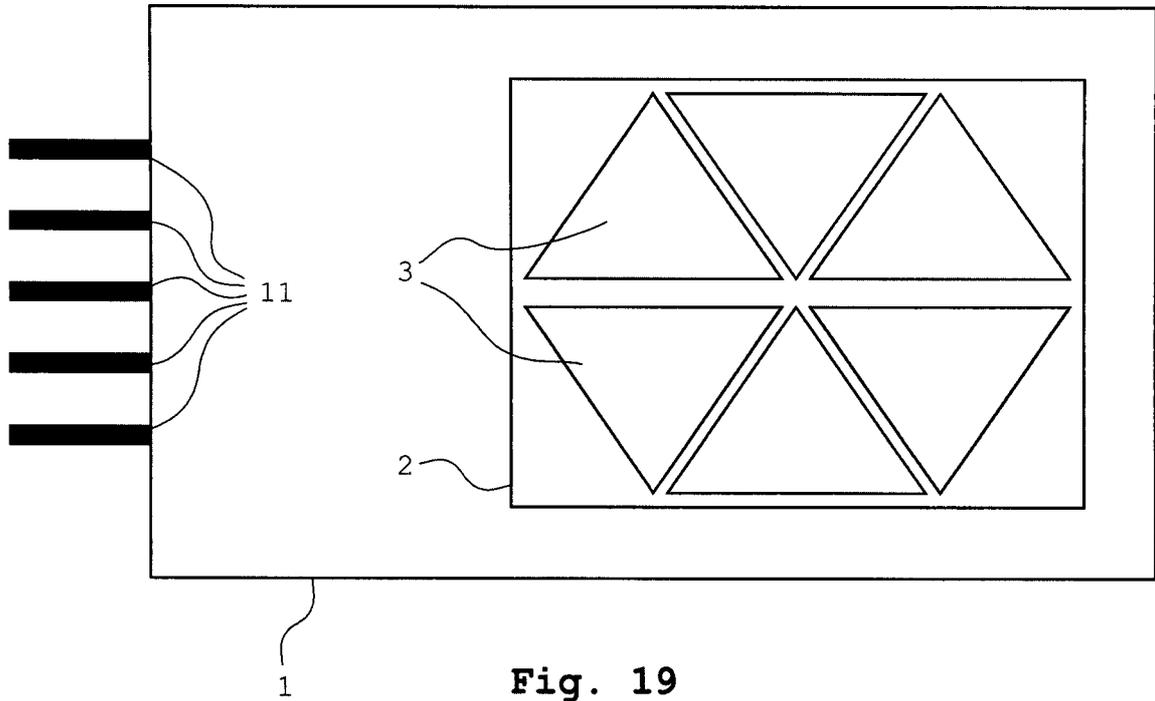


Fig. 19

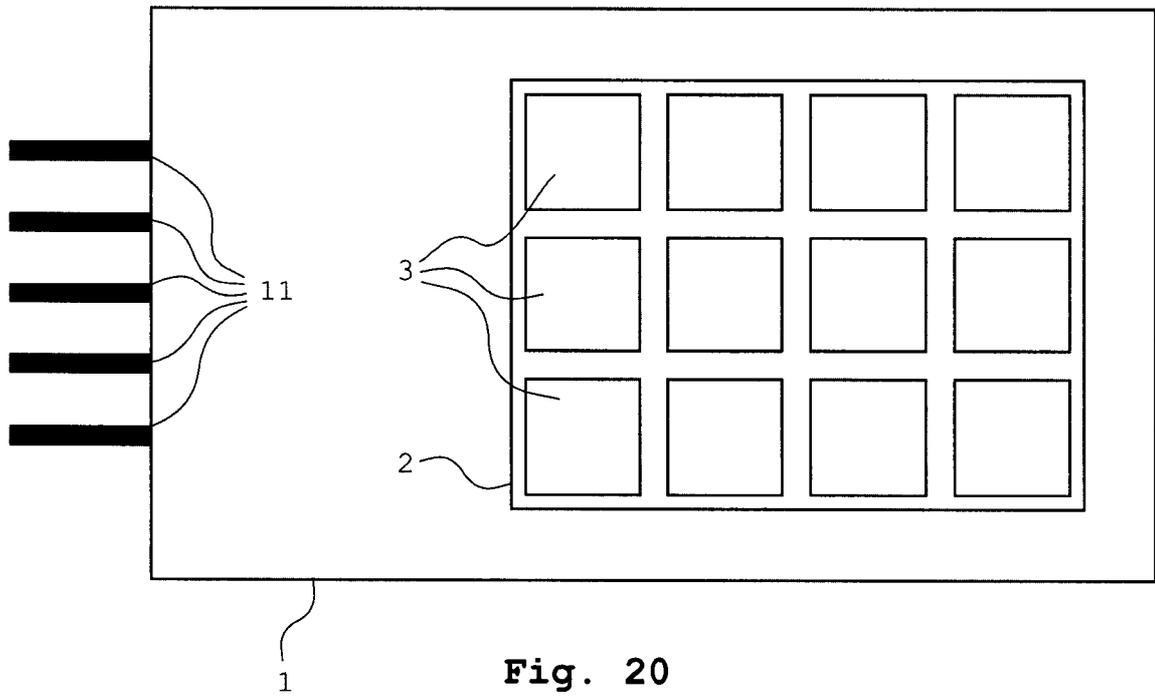


Fig. 20

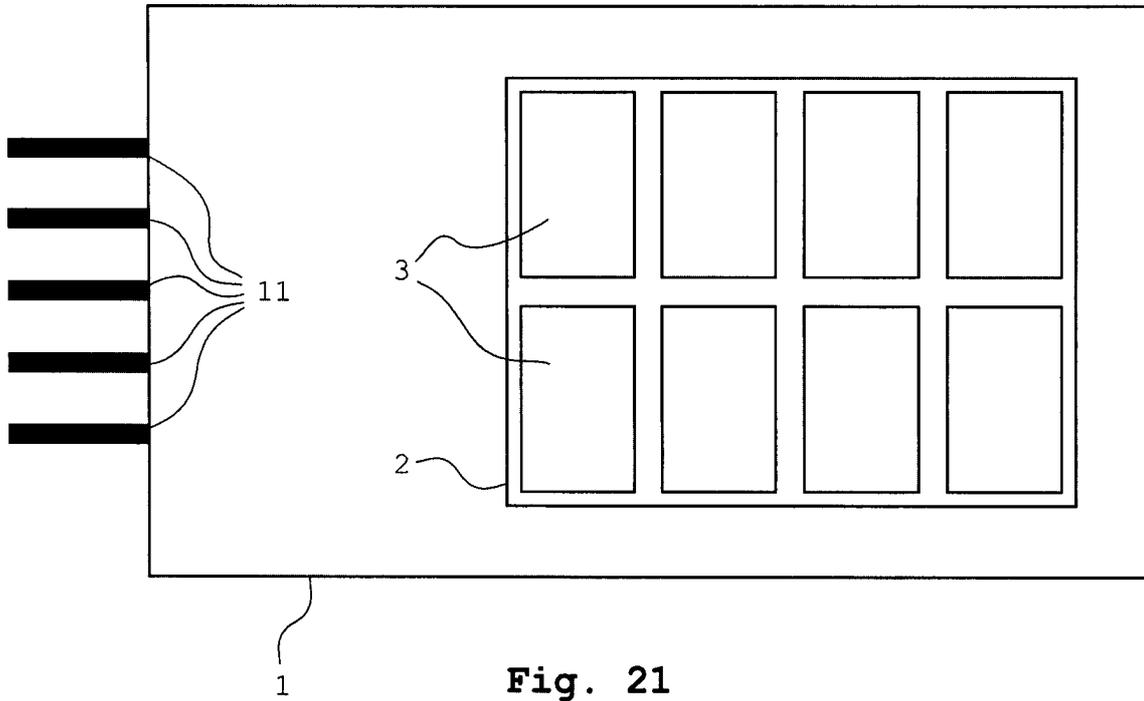


Fig. 21

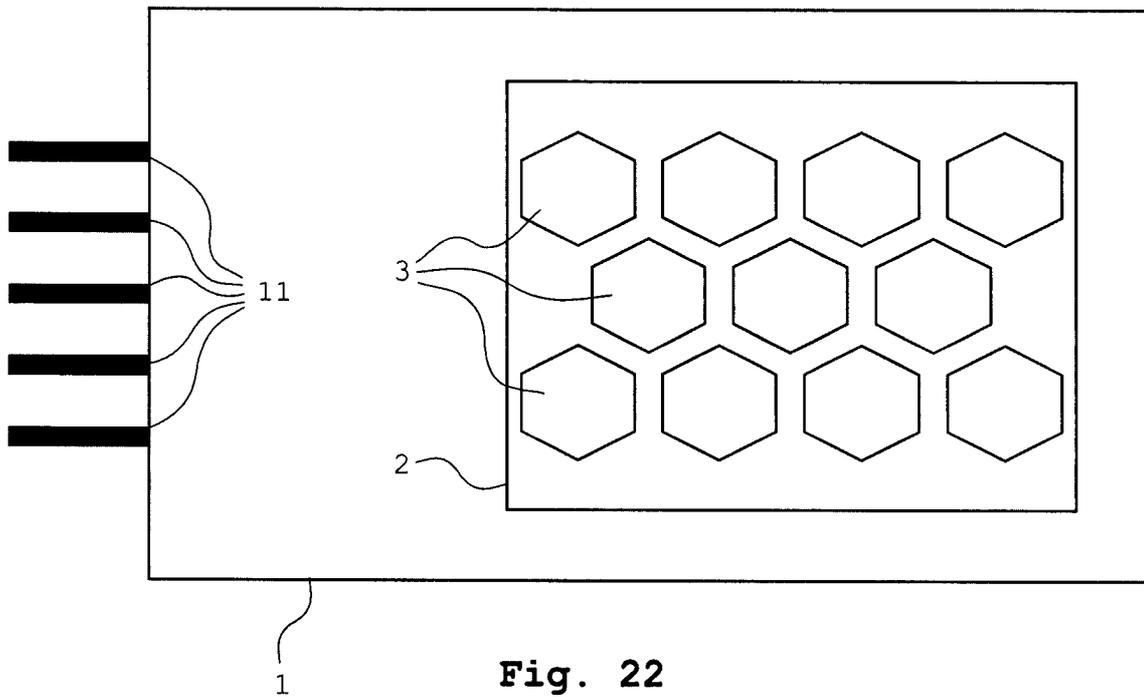


Fig. 22

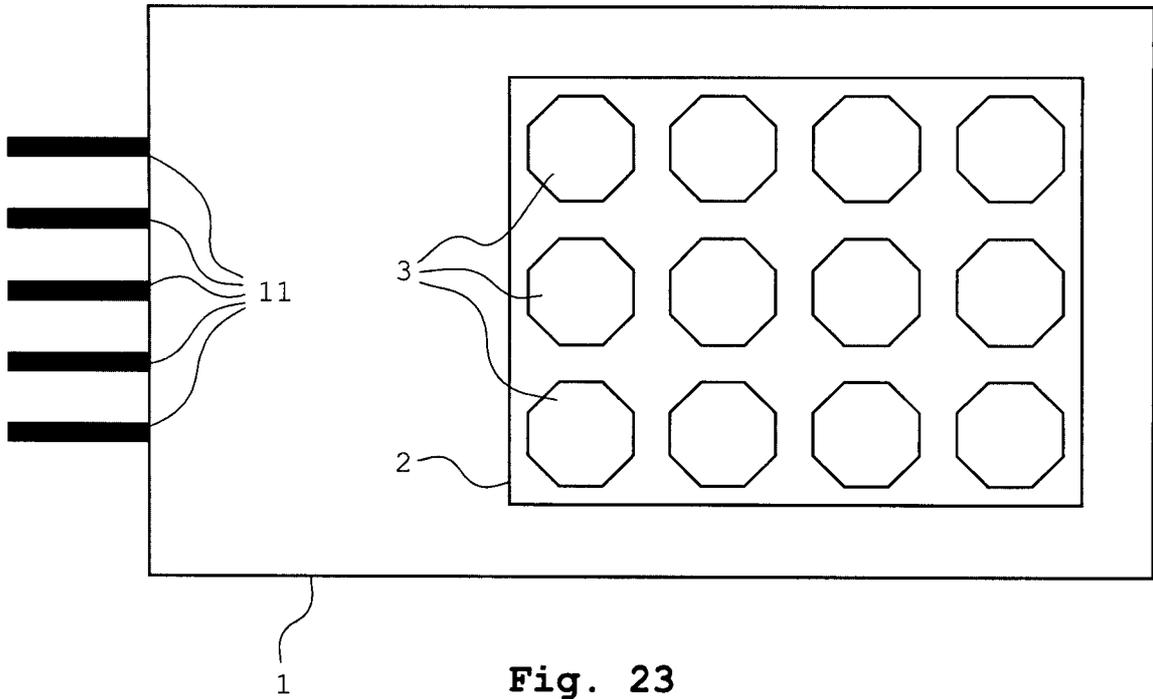


Fig. 23

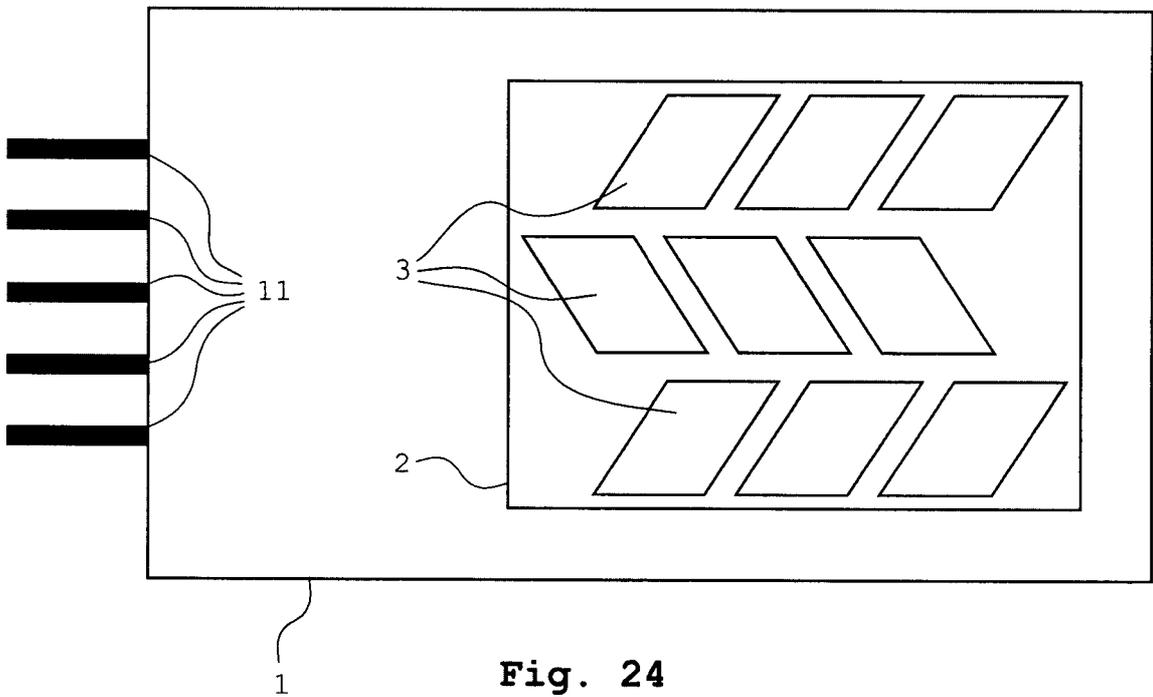


Fig. 24

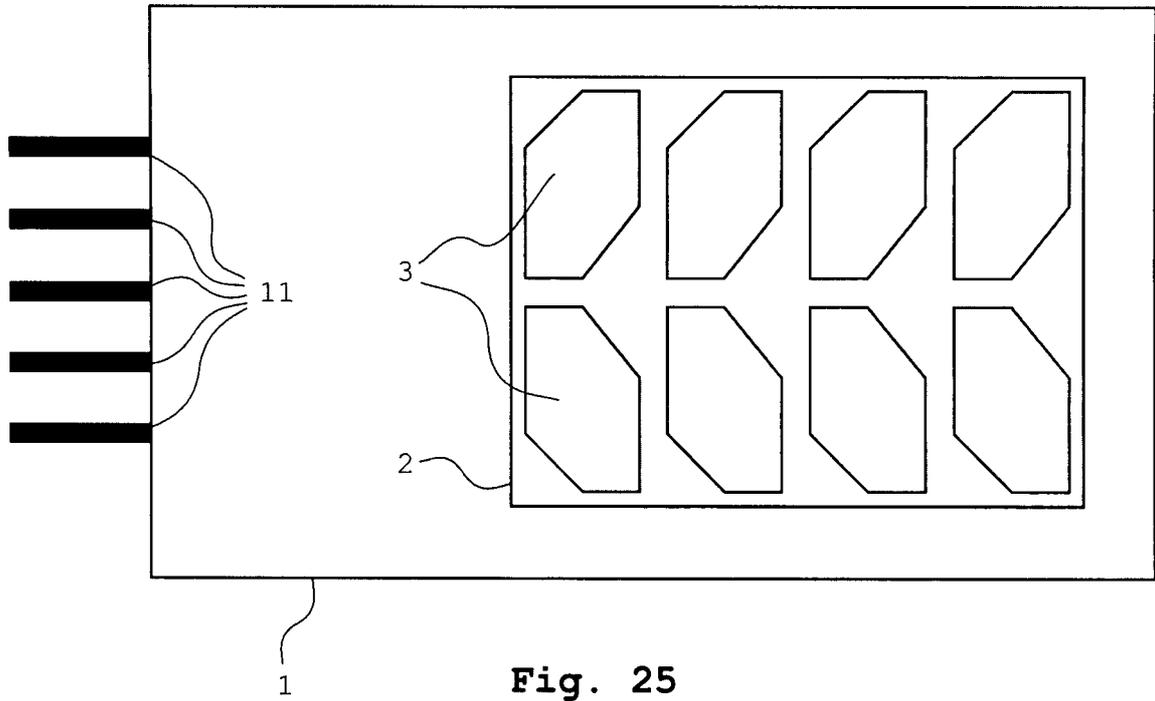


Fig. 25

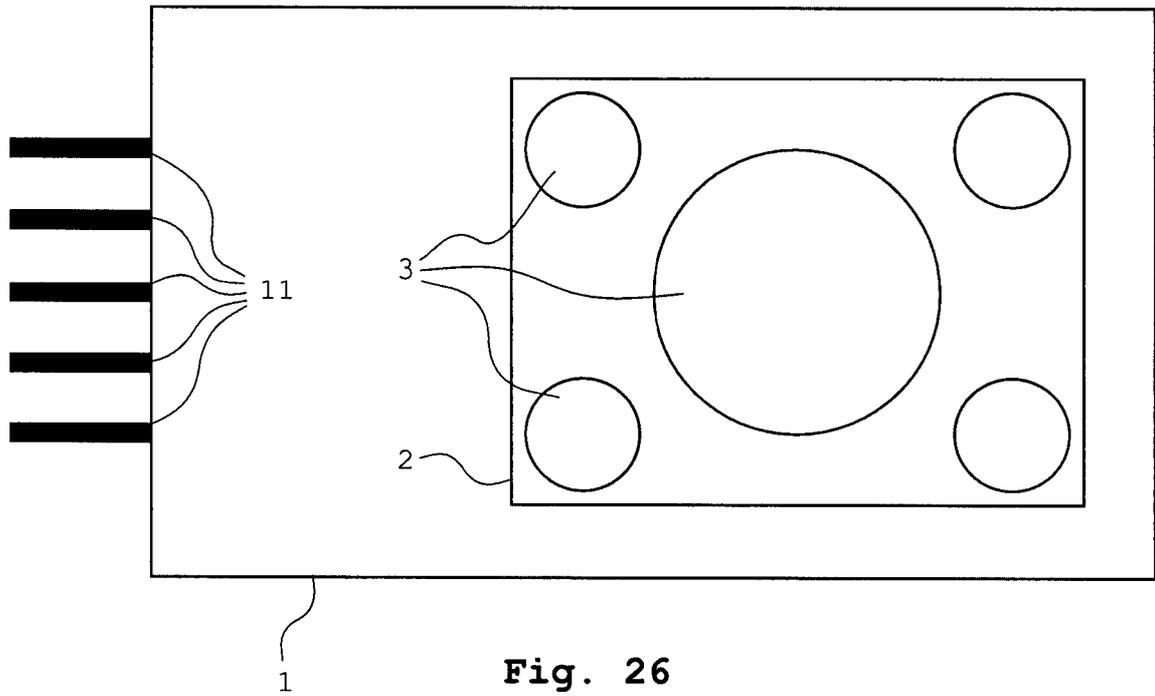


Fig. 26

